

6. ELEKTRONIKUS TANANYAGOK MEDIÁLIS ELEMEI III. HANGSZERKESZTÉS

6.1 A LECKE CÉLJA ÉS TARTALMA

A lecke célja a könyvtárakban előforduló archív, analóg hanganyagok digitalizálásának elsajátítása, a hanganyagok minőségi jellemzőinek megismerése, digitális hanggyűjtemények kezelése, digitális hanganyagok vágása, szerkesztése.

A hallgatók legyenek tisztában az analóg és digitális hangformátumok tulajdonságaival, minőségi paraméterivel, a hangfeldolgozás szoftvereivel (Adobe Audition vagy Sound Forge). A hallgatók legyenek képesek önállóan, bármilyen formátumú digitális hang szerkesztett előállítására kimenettől és archiválási módtól függetlenül. Ismerjék és használják a hangszerkesztéshez kapcsolódó szakkifejezéseket magyarul és angolul.

Tartalom:

- Hangtárak, hangarchívumok szerepe a modern könyvtárakban
- Hangtechnikai ismeretek, a hang fizikai jellemzői
- A digitális hang jellemzői
- Digitális hangformátumok
- Hangdigitalizálás számítógéppel
- Hangdigitalizálás és hangszerkesztés a gyakorlatban
- Hangszerkesztési gyakorlatok

6.2 HANGTÁRAK, HANGARCHÍVUMOK SZEREPE A MODERN KÖNYVTÁRAKBAN

A nemzeti kulturális örökség részeként a könyvtári hangdokumentumok digitalizálása alapvető fontosságú társadalmi érdek, mert az információs társadalom mennyiségileg több, minőségileg jobb, és mind gyorsabban megszerezhető információt igényel.

A könyvtári hangdigitalizálás fogalmát a lehető legtágabb értelemben értjük, amely a szorosabb értelemben vett digitalizálás mellett kiterjed a digitális objektumok begyűjtésének, hosszú távú megőrzésének, feldolgozásának és közzétételének kérdéseire is.

Ennek jegyében leckénkben a digitális hangfeldolgozással foglalkozunk.

6.2.1 Hangtárak, hangarchívumok

A hangtárak, hangarchívumok feladata az egyetemes magyar kultúra értékeinek, történelmi dokumentumainak digitalizálása, feldolgozása, szerkesztése, megőrzése az utókor számára, valamint a dokumentumok katalogizálása és a hozzáférhetőség biztosítása az érdeklődők számára. Ebbe beletartoznak az archív felvételek, történelmi dokumentumok, politikai beszédek, rádióműsorok és egyéb hangfelvételek.

Mivel az archív anyagok többségét analóg hordozókon (henger, lemez, szalag, kazetta) tároljuk, így a digitális tárolás és feldolgozás kézenfekvő megoldás. A nagy könyvtárak hangtárainak feladata továbbá az archív hanganyagok eredeti példányainak gyűjtése, eredeti állapotának megőrzése, valamint megfelelő helyen és körülmények között történő tárolása.

A hangtárak szolgáltatásai közé tartozik a gyűjtemény megfelelő minőségben történő, akár csoportos meghallgatásának lehetősége, a zenei anyagokhoz tartozó katalógus adatok, leírások, kották, szakirodalmak, elérhetősége. További szolgáltatások a hanganyagok kölcsönzése, esetleges másolása és digitalizálása. Az 1999. évi LXXVI. törvény (törvény a szerzői jogról) szerint a hangdokumentumról a törvény szellemében kizárólag az iskolai oktatást szolgáló célra végezhető másolás.

6.3 HANGTECHNIKAI ISMERETEK, A HANG FIZIKAI JELLEMZŐI

6.3.1 A hang fogalma és jellemzői

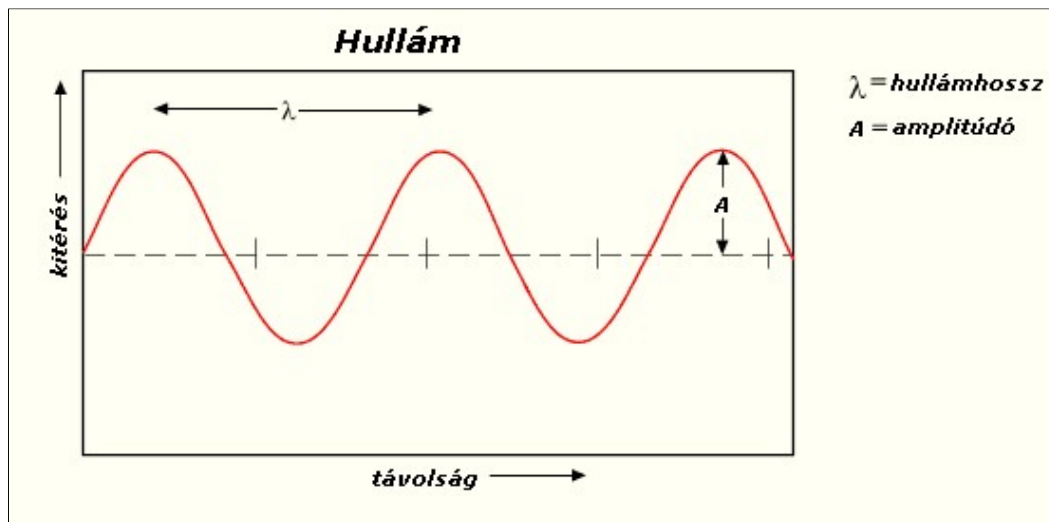
A *hang* valamilyen rugalmas közegben terjedő rezgéshullám, amely az élőlényekben hangérzetet kelt. A hangérzet a levegőmolekulák közvetítésével a fül dobhártyáját mozgató rezgés hatására jön létre. A hangok – csillapodó rezgésként – a terjedési iránnyal párhuzamosan rezegnek. Ezért jellemzően longitudinális hullámok.

A hang terjedési sebessége normál páratartalmú, +15 °C hőmérsékletű levegőben 340 m/s.

A *hangsebesség* függ az átvivő közeg sűrűségétől és rugalmasságától. *Jele: c; Mértékegysége: m/s*

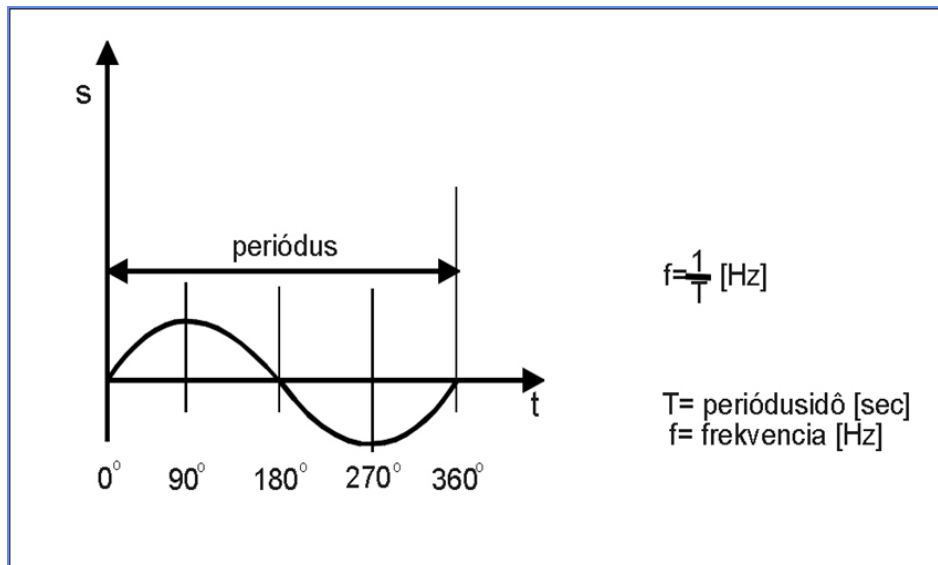
Frekvencia

A hullámokat számos bevett változóval leírhatjuk, köztük olyanokkal, mint a frekvencia, hullámhossz, amplitúdó és periódusidő. Az *amplitúdó* a hullám maximális kitérésének nagysága egy hullámcikluson belül. Az amplitúdó lehet állandó, vagy változhat a hellyel és idővel egyaránt. Az amplitúdó változásának alakját a *hullám burkológörbéjének* nevezzük.



109. kép Hullámok tulajdonságai és jellemzői

A **hullámhossz** (λ) a hullám két egymást követő maximuma (vagy minimuma) közötti távolság. A **periódusidő** (T) egy teljes hullám oszcillációhoz (például egyik maximumtól a következő maximumig) szükséges időtartam. A **frekvencia** (f) azt adja meg, hány periódusa megy végbe a hullámnak adott idő (például 1 másodperc) alatt, mértékét hertzben (Hz, kHz) mérjük. Összefüggésük a következő: 10 Hz-es frekvencia azt jelenti, hogy 1 másodperc alatt 10 periódusa fut le a hullámnak.



110. kép A frekvencia és a periódusidő összefüggései

Tiszta és összetett hang

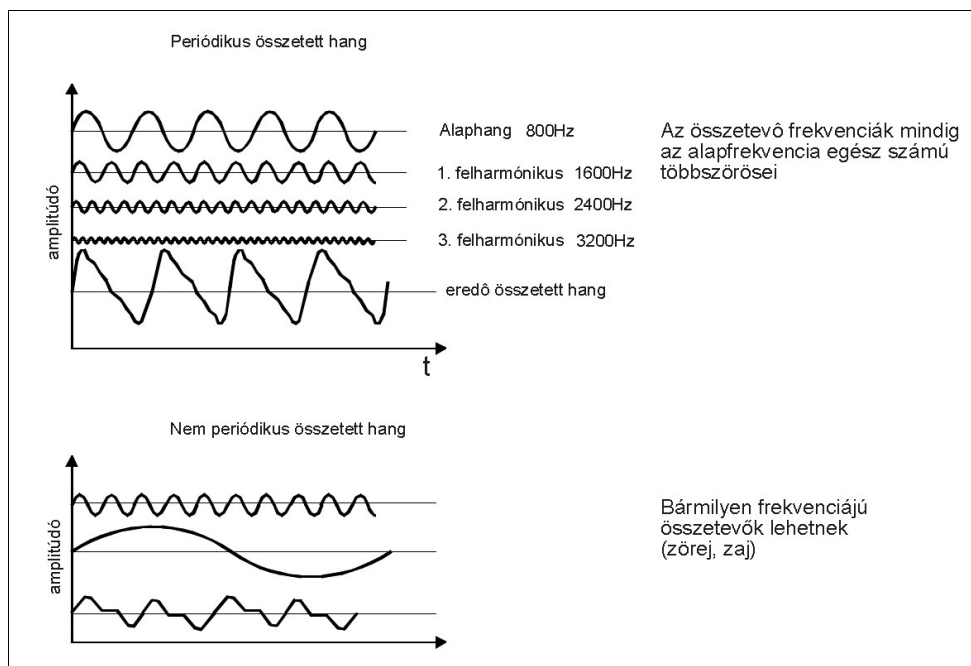
Egyidejűleg megszólaló frekvenciák szerint megkülönböztetünk tiszta és összetett hangot.

A **tiszta hangot** egyetlen frekvencia jellemzi, tiszta szinuszos jelnek tekinthető. Tiszta hangok a természetben nem fordulnak elő, csak mesterségesen állíthatók elő, például hanggenerátorral.

Az **összetett hangokat** több frekvencia jellemzi. Ezen belül megkülönböztetünk periodikus és nem periodikus összetett hangokat.

A *periodikus* összetett hang esetén, mindig találunk egy alapfrekvenciát, amely az adott hangban a legmélyebb (leghosszabb hullámhosszú) hang. Ezt nevezzük alaphangnak. A többi összetevő frekvenciák ennek az alaphangnak az egész számú többszörösei. Ezeket nevezzük felharmónikusoknak. Az eredő hang így szinusz jellegű, de sohasem szabályos szinuszgörbe. A természetben előforduló, természetes hangok többsége ilyen.

A *nem periodikus* összetett hangokat több különböző frekvenciájú hang jellemzi, amelyek gyakran zavaróan hatnak ránk. Ezek lehetnek igen intenzívek és pillanatszerűek is, mint a mennydörgés (tranzienst), vagy folyamatosan periodikusak, mint például zenehallgatás közben egy villanyfűró hangja.



111. kép Periodikus és nem periodikus hangok jelleggörbéi

Hangmagasság, hangszín

A hang magasságát az alaphang frekvenciája, a hang színezetét a hangban lévő felharmónikusok száma és nagysága határozza meg. A magasabb hangok tehát nagyobb, míg a mély hangok kisebb frekvenciával rendelkeznek.

A *hangmagasság*, elsősorban a zenei hangok egyik jellemzője.

Az emberi fül számára hallható hangmagasság-tartomány körülbelül a 16 Hz-20 kHz közötti intervallumba esik. Az emberi életkor előrehaladtával és a hallás romlásával a magas frekvenciájú hangokat egyre kevésbé érzékeljük.

Az emberi fül frekvenciaérzékenysége logaritmikus, ami a *Weber-Fechner törvény*⁴⁴ szerint a hangmagasságérzet és a frekvencia közötti logaritmikus összefüggést jelenti.

Más szavakkal: azonos mértékű hangosság-növekedéshez többszörös hangnyomás-növekedés szükséges.

Ezzel magyarázható, hogy a 100 Hz-es és a 200 Hz-es hang között ugyanakkora hangmagasságbeli lépcsőt érzünk, mint a 3000 Hz-es és a 6000 Hz-es hang között. Tehát megállapítható, hogy két-két hang között akkor egyforma nagy a magasságkülönbség, ha a két hang között ugyanakkora a rezgésszámok viszonya.⁴⁵

⁴⁴ Ha egy adott frekvenciát megkétszerezünk, mindig egy meghatározott hangközzel – EGY OKTÁVVAL – halljuk magasabbnak a hangot. (Weber-Fechner törvény) Az említett 2:1-es frekvenciaviszonynak megfelelő hangközt oktávnak nevezik, amely a zenei skála alapját képezi.

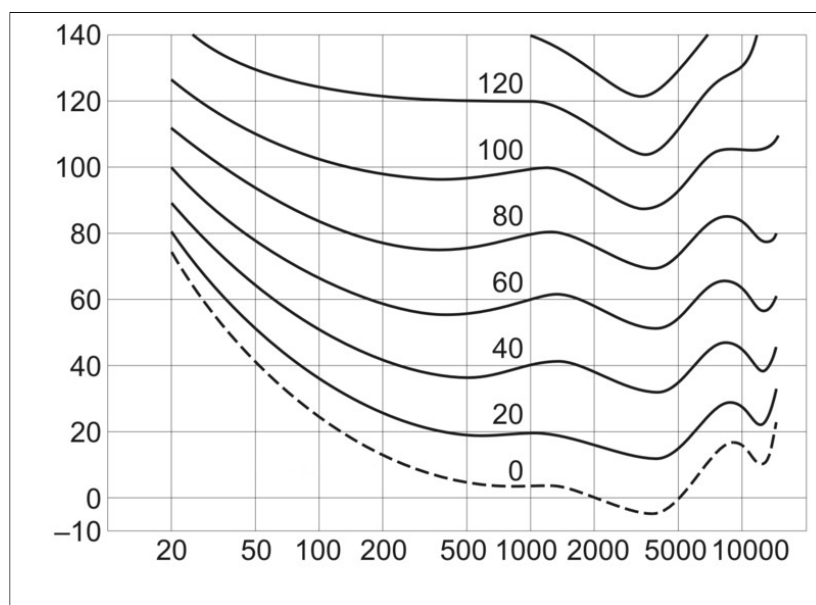
⁴⁵ A hangmagasság érzete a frekvencia logaritmusával arányos. Ennek megfelelően a fülünk által egyenletes távolságra, például egy-egy oktávra elhelyezkedő hangok frekvenciája rendre 2-, 4-, 8-, 16-szorosa az eredeti hangnak, azaz egy oktávnak dupla frekvencia felel meg.

A legtöbb ember csak a relatív hangmagasságot képes felismerni, vagyis a hangköz nagyságát egy adott magasságú hanghoz viszonyítva.

Hangosság

A *hangosság* a hang fülünk által érzékelt intenzitásának, erősségének mértéke. Szoros kapcsolatot mutat a hangnak, mint rezgésfolyamatnak az intenzitásával, amplitúdójával, illetve függ a hang összetételétől, spektrumától, zenei hang esetén magasságától. Ez az összefüggés erősen szubjektív, csak kísérleti úton határozható meg.

Az előbbieken említett *Weber-Fechner törvény* azt tételezi fel, hogy a hangosság a hangintenzitás logaritmikus függvénye, tehát a decibelben mért hangnyomásszint egy adott frekvencián azonos az érzékelt hangosságszinttel. Ezt a skálát nevezik *phon-skálának*, ilyen módon a *phon* a hangosság mértékegységeként használható.



112. kép *Phon-görbék*⁴⁶

A hangosság érzékelése erősen függ a frekvenciától. Tiszta, szinuszos hang esetén a fül érzékenysége a legalacsonyabb hallható frekvenciától, eszerint kb. 1000-5000 Hz-ig folytonosan növekszik, utána újra csökken. Ez igaz a hallásküszöbre is, vagyis arra, hogy milyen minimális intenzitású hangokat vagyunk képesek egyáltalán érzékelni, és arra is, hogy mely hangnyomásszinteket érzünk azonos hangosságúnak különböző frekvenciákon. Ezt az úgynevezett egyenlő hangosságú szintű görbékben vagy **phon-görbék**ben ábrázolhatjuk.

⁴⁶ **Phon-görbék.** A vízszintes tengely a frekvenciát mutatja Hz-ben, a függőleges a hangnyomásszintet dB-ben. A görbék az azonos hangosságúnak érzékelt helyeket mutatják. A szaggatott vonal a hallásküszöb. Középen vannak feltüntetve a phon-értékek.

Definíció szerint a phon és a decibel⁴⁷ érték 1000 Hz-en megegyezik, másutt a görbékről olvasható le. A decibel használatának az oka a fül azon képessége, hogy nagyon széles tartományt képes érzékelni. A hang okozta nyomásarány, amely még nem károsítja a fület (rövid idejű hatás), hozzávetőlegesen a billió környékén van. Mivel a teljesítmény a nyomás négyzetével arányos, a legnagyobb és a legkisebb teljesítmény között hozzávetőlegesen 1 és billió négyzete közé esik. A decibel skála használatánál a billió négyzetének logaritmus 12, így az arányok változása ezen a skálán 0 és 120 dB közé esik.

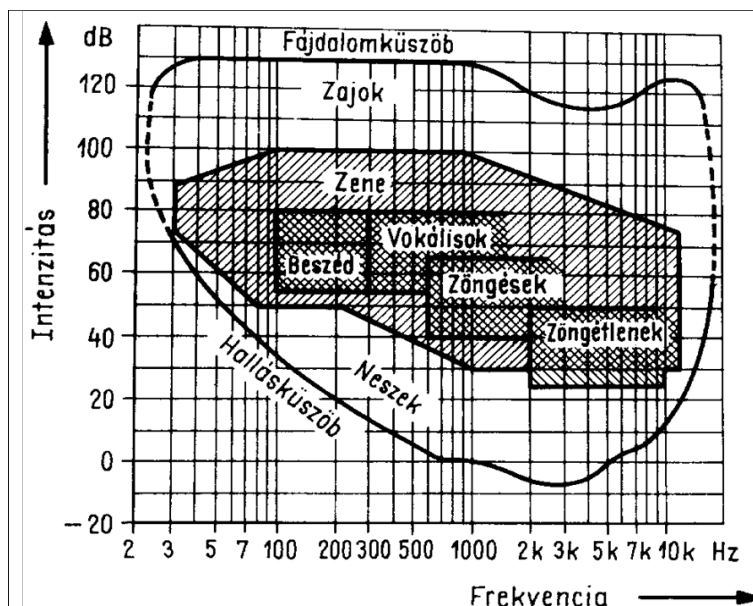
A hang, mint fizikai inger erőssége két módon jellemezhető:

1. **Hangintenzitással (I)**, ami a hang terjedési irányára merőleges, egységnyi felületen, időegység alatt áthaladó hangenergia értékét jelenti. *Mértékegysége:* W/m^2
Intenzitási alapszint: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
2. **Hangnyomás-változással**, amit bar-ban fejezünk ki ($1 \text{ bar} = 0,1 \text{ N/m}^2$). Műszerrel mérhető.

Hallás és fájdalomküszöb

A *fájdalomküszöb* (120-130 dB): egy adott frekvenciájú tiszta hang azon legnagyobb nyomásértéke, amelyet normális hallású ember még fájdalom nélkül el tud viselni. 80 dB felett már zajártalomról beszélünk.

A *hallásküszöb* valamely adott frekvenciájú tiszta hang azon legkisebb nyomásértéke, amely egy normális hallású ember hallószervében a hang érzetét kelti.



113. kép Az emberi fül hallásátfogása

⁴⁷ A **decibel** egy elterjedten használt mértékegység az akusztikában a hangszintek mérésére, valamilyen 0 dB-hez képest.

6.3.2 Hangátviteli lánc

Az emberi hang energiája nem elégséges arra, hogy nagyobb tereket is behangosítsunk. Ilyenkor van szükségünk arra, hogy valamilyen módon erősítsük a hangot. Ebben az esetben az erősítéshez úgynevezett *hangátviteli láncot* használunk, amely általában három fő részből áll:

1. egy átalakítóból, – amely egy A/D konverter által –, az akusztikus jelnek megfelelő elektromos jelet generál (ez lehet mikrofon, vagy valamilyen hangszedő),
2. egy erősítóből, amely a szükséges feszültség- és teljesítményerősítést végzi, és egy
3. hangszugárzóból, amely az elektromos jelből ismét akusztikai jelet állít elő.

Jel-zaj viszony

A működés során az erősítőben levő elektromos alkatrészekben a feszültség zűgást generál, amit zajfeszültségnek nevezünk. A zajfeszültség rontani fogja a hang minőségét, mivel hozzáadódik a hasznos jelhez. Ilyet például akkor figyelhetünk meg, ha egy hangosan hallgatott magnó lekapcsol és annak ellenére a hangszórók zúgnak. A jel-zaj viszony tehát fontos paramétere egy jó minőségű hangfelvételnek.

Technikai értelemben két teljesítmény hányadosát jelenti. A jel (információ) és a háttér zaj teljesítményének hányadosa:

$$\text{jel/zaj} = \frac{P_{\text{jel}}}{P_{\text{zaj}}} = \left(\frac{A_{\text{jel}}}{A_{\text{zaj}}} \right)^2$$

114. kép *A jel-zaj viszony összefüggése*

Mivel sok jelváltozás nagyon dinamikus, az egyes jelértékek széles tartományokba eshetnek, a jel/zaj meghatározásánál a logaritmikus decibelskálát használják. Decibelekben mérve a jel-zaj viszony az amplitúdók hányadosának 10-es alapú logaritmusának 20-szorosa vagy a teljesítményarány logaritmusának 10-szerese:

$$\text{jel/zaj (dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{jel}}}{P_{\text{zaj}}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{\text{jel}}}{A_{\text{zaj}}} \right)$$

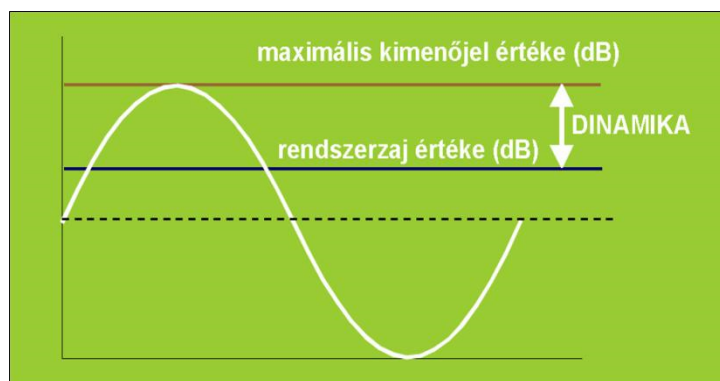
115. kép *Jel-zaj viszony logaritmikus értelmezése*

Ahol P az átlagos teljesítmény, A az amplitúdók négyzetes átlaga. A jeleket és a zajokat azonos sávszélességi rendszerben mérik.

Dinamika

Valamely átviteli csatorna dinamikáján a kifogástalanul reprodukálható kimenőjel maximális értékének és a még zajmentesnek érzékelt kimenőjel maximális értékének a viszonyát értjük. A dinamikát felülről a maximális kivezérelhetőség, alulról pedig a rendszerzaj

szabályozza. Ez azt jelenti, hogy egy adott hangrendszer esetén akkor kapunk jobb dinamika értéket, ezzel együtt jobb hangminőséget, ha az erősítés folyamán a maximális teljesítmény értéke és a rendszerzaj értéke között nagyobb a különbség, vagyis a rendszerzaj az erősítéssel nem exponenciálisan nő.



116. kép A dinamika értelmezése

6.4 A DIGITÁLIS HANG JELLEMZŐI

Az analóg jelek folyamatosan változnak jel, idő és amplitúdó szerint egyaránt.

A digitális jel impulzusok sorozatából áll, szemben az analóg jel időben folytonos jellel. Ez annyit jelent, hogy a digitalizált hang sohasem tartalmazza az eredeti analóg hang minden részletét, csak ennek hangmintáit. Mivel a hang időben végtelen részre bontható ezért nem lennének képesek tárolni ezt a mintamennyiséget.

A digitális hang annak ellenére, hogy nem tartalmazza az összes eredeti hangot, mégis sokszor jobb minőségűnek hat, mint az eredeti analóg, de természetesen nem az.

A jobb, és teltebb hatás oka a nagyobb jel-zaj viszony hányados és a nagyobb dinamikatartomány.

A digitális hang jellemzői:

- A hőmérséklet és tápfeszültség ingadozásra érzéketlen.
- Érzéketlenebb az átviteli csatorna zajai iránt.
- Nagy jelátviteli sebesség.
- Tetszőleges számú minőségromlás nélküli másolási lehetőség.
- Nagyobb jel-zaj viszony és dinamikatartomány.
- Nincs jeltorzulás.
- A digitális jel érzékeny az adatvesztésre – javító áramkörök használata.
- A jelfeldolgozást végző áramkörök bonyolultak.

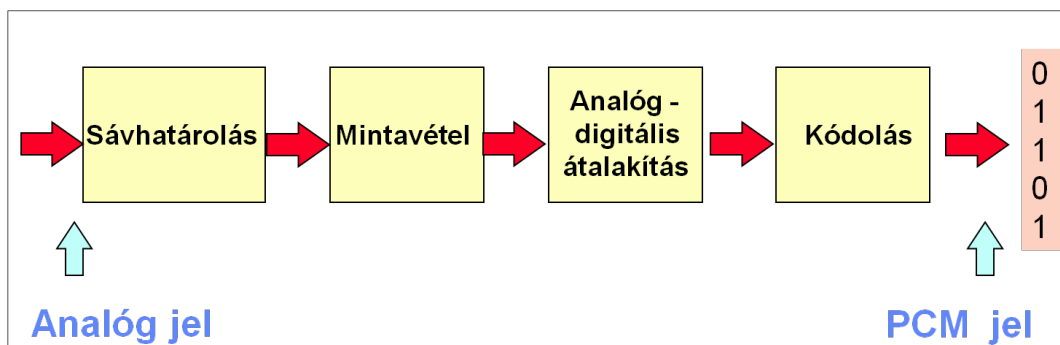
6.4.1 A hangdigitalizálás folyamata

A hangdigitalizálás során az analóg jelet időben diszkrét impulzusok sorozatává alakítják. Az amplitúdó értékek információtartalmát binárisan kódolt kódszó sorozatok hordozzák.

A digitalizálás minőségét két tényező határozza meg:

- **Mintavételi frekvencia:** ez azt jelenti, hogy a folyamatosan változó eredeti hangjelből milyen sűrűséggel vesznek mintát (minták száma másodpercenként).
- **Minta mérete:** a felbontás minősége, vagyis egy kiválasztott minta hány bitből áll.

A folyamat 4 lépésből áll, amely angolul *Pulse Code Modulation* (PCM) néven ismert.



117. kép A hangdigitalizálás lépései

Sávhatárolás

A digitalizálás első lépése a **sávhatárolás** vagy **kvantálás**. A sávhatárolás során a minta felbontását határozzuk meg. Ezek lesznek a kvantálási lépcsők. Minél több részre osztjuk fel az analóg jel feszültségét, annál pontosabban tudjuk rekonstruálni az A/D átalakítás során. A mai hangkártyák 16-24 bit-es (extrém esetekben 64 bites) felbontásokat tudnak produkálni, de a Hifi szabvány szerint a 16 bites felbontás már elegendő az eredeti hang visszaállításához. Ha a folyamatot egy koordináta rendszerben képzeljük el, akkor a sávhatárolás a függőleges tengely beskalázását jelenti a nulla és a maximális feszültségszint között.

A kvantálás, során a feszültségértékek intervallumát felosztjuk véges számú lépésre, és a valós feszültségértékek helyett ezekkel a fix értékekkel számolunk.

Mintavételezés

A digitalizálás második lépése a mintavételezés, amelynek során megadott időközönként belemérünk az analóg jelbe, és leolvassuk a feszültséget. Ezek az értékek még nem használhatók digitális feldolgozásra, mivel folytonos információt kapunk. Mintavételezésnél figyelembe kell venni a *Shannon-törvényt*, amely szerint:

A jel akkor teljes mértékben visszaállítható, ha a mintavételezési frekvencia a jelben előforduló legnagyobb frekvenciájú összetevőknek legalább a kétszerese.

A tétel kicsi magyarázatra szorul, de könnyen megérthető.

Amint korábban említettük, az emberi hallás frekvenciatartománya 16–20 000 Hz közötti. Vagyis a tétel szerinti legnagyobb frekvencia, amely az analóg jelben előfordul, 20 000 Hz. Mivel a tétel szerint ennek a frekvenciának legalább a kétszeresét kell vennünk mintaként, így a mintavételezési frekvencia 40 000 Hz lesz, ami azt jelenti, hogy minimum 40 000 mintát kell vennünk a hangból másodpercenként. A Hifi szabvány szerint a 44 100 Hz a standard érték, de a profi digitalizálások során az alkalmazott értékek 48 KHz, 96 KHz, 192 KHz is lehetnek.

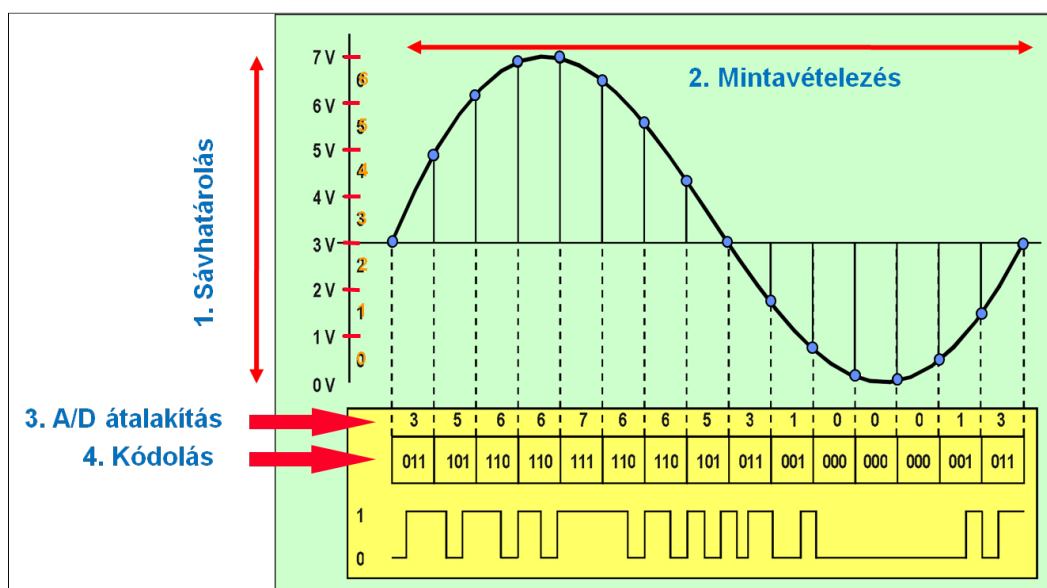
Természetesen minél nagyobb a mintavételezési frekvencia, annál jobb minőséget kapunk.

Analóg digitális átalakítás

A hangdigitalizálás harmadik lépésében a mintavételezés során vett minták értékeit a digitalizáló algoritmus tárolja, amelyek ebben a fázisban még tízes számrendszerbeli értékek.

Kódolás

A kódolás során a hangból vett minták tízes számrendszerbeli pillanatnyi értékei bináris kódszavakká konvertálódnak.



118. kép A hangdigitalizálás lépései

6.5 DIGITÁLIS HANGFORMÁTUMOK

6.5.1 WAV formátum

A WAV-formátum a digitális audio állományok egyik adatformátuma. Szemben az MP3 és más adatformátumokkal a WAV formátum általában nem tömöríti az audio adatokat. Lehetséges viszont tömörített adatok tárolása WAV formátumban.

A WAV formátumot a Microsoft definiálta a Windows operációs rendszer számára „Resource Interchange Format” (RIFF) néven.

Egy WAV állományban három adatblokk van, ún. chunkok (részek), a következő adatokkal:

- A Riff-rész az állományt azonosítja, mint WAV állományt.
- A formátum-rész néhány jellemzőt tárol, mint a mintavételezési gyakoriságot.
- A data-részben a tényleges adatok vannak.

A WAV (WAVE form audio) fájlok a multimédiában a digitalizált hangok szabványos formátumának tekinthetők. A digitális hanghullámok különböző mintavételi fokozatúak lehetnek (11,025 kHz, 22,05 kHz, 44,1 kHz; mono vagy sztereó). A szabványos mintavételi arányok mellett a WAV fájlok más mintavételi arányokat is tartalmazhatnak, ilyenkor azonban olyan lejátszó programra, valamint hangkártyára van szükség, amely ezeket az arányokat támogatja, és képes helyesen lejátszani. Kivétel nélkül minden program támogatja.

6.5.2 MP3, Mpeg Audio Layer-3

Az MP3 a Fraunhofer Intézetben kifejlesztett, 1991-ben szabványosított, nagyarányú veszteséges hangtömörítést lehetővé tévő fájl formátum.

A tömörítési eljárások lényege, hogy az emberi fül számára nem, vagy alig hallható hangokat nem tartalmazza az MP3 fájl.

Az MP3 fájl minősége függ a tömörítő programtól és a kódolandó jel bonyolultságától. Különböző kodekek, különböző algoritmussal oldhatják meg a *pszicho-akusztikus* kódolást, azaz ők döntenek arról, mely hangokat hagyják ki a tömörített fájlból, modellezve az emberi fül karakterisztikáját.

A 128 kbps bitsűrűségű tömörítés a leggyakoribb érték, amely elég híven visszaadja a CD minőségét. Ez körülbelül 11:1 tömörítési arányt jelent, természetesen hangminőségi kompromisszumokkal.

A tapasztalt hallgatók meg tudják különböztetni a 192 kbps-os és egy 256 kbps-os fájl közötti minőségi különbséget is. Ha valakinek az a célja, hogy minőségvesztés nélkül archiváljon hangfájlokat, akkor inkább az olyan veszteségmentes hangtömörítésben érdekelt kodekeket alkalmazzon, mint a FLAC⁴⁸, SHN vagy a LPAC – ezek 50-75%-ára tudnak tömöríteni egy hangfájlt veszteség nélkül.

Az MP3formátum kiválóan alkalmas könyvtári hanganyagok adatbázisainak létrehozására, a hangtárak anyagainak különböző minőségi faktorokban való publikálására.

⁴⁸ *FLAC – veszteségmentes audio tömörítés.* URL: <http://www.tutorial.hu/flac-vesztesegmentes-audio-tomorites/> (Letöltés: 2011. 05. 18.)

6.6 HANGDIGITALIZÁLÁS SZÁMÍTÓGÉPPEL

6.6.1 A számítógép hangja, a hangkártya

A számítógépek általános hangkezelő eszköze a hangkártya.

A hangkártyák számos lehetőséget kínálnak, de két alapvető funkciójuk a digitális hangállomány megszólaltatása, illetve a beszéd vagy más hanganyag digitalizálása.

A jó és megbízható minőségű felvételek készítése érdekében a professzionális felhasználók egyedi és speciális célokra fejlesztett hangkártyát kell, hogy vásároljanak, ilyennek kell lennie a könyvtári digitalizáló eszközöknek is.

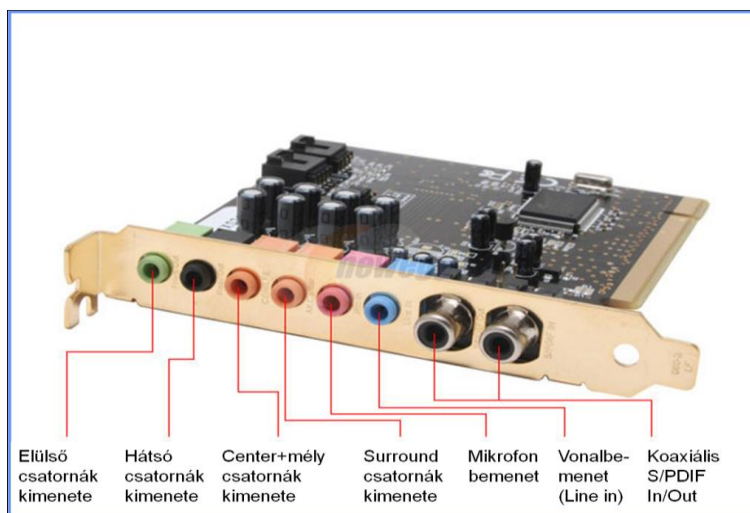
A hangkártyák legfontosabb részei a hangprocesszor – amely különféle műveleteket tud elvégezni a hangon, tehermentesítve ezzel a CPU-t –, az analóg hangkeltő áramkörök (FM chip), a hullámtábla, az A/D és D/A átalakítók, a ROM és a RAM – amelyek az FM és a hullámtábla szintézishez szükséges adatokat tárolták –, illetve a különféle csatlakozók (ki- és bemenetek).

A hangkártyák bemenetei

A hangkártyákra három bemenetet szoktak elhelyezni:

- vonal- (Line in),
- mikrofon- (Mic in) és
- CD-bemenetet.

A vonalbemenetbe (*Line in*) a digitalizálni kívánt jelet visszük, vagy akár közvetlen erősítéssel kivihetjük a hangszórókra is. A *Mic-in* szolgál a mikrofon csatlakoztatására. A CD-bemenetet a CD-ROM hátulján lévő csatlakozóval köthetjük össze, hogy audio zenét is hallgathassunk. Ezek a Windows XP és az ezt követő operációs rendszerek használatával feleslegessé váltak, mivel ezeknél már szoftveresen oldják meg a problémát.



119. kép Korszerű hangkártya csatlakozói

A hangkártyák kimenetei

A többcsatornás hangjelek (4.1, 5.1, 7.1) kivételére analóg és digitális kimeneteket használhatunk. A számok jelölik hány surround hangszóróból áll a jel és a *.1* jelöli, hogy tartalmaz-e a formátum mélynyomó számára külön jelet. Analóg csatlakoztatásnál 3 csatlakozó áll rendelkezésünkre, 5.1 és 7.1 esetében ezek már speciális többszálas csatlakozók. Az analóg kimenetek a legáltalánosabbak a hangkártyákon, ezeken a hang már dekódolt, analóg formában jön ki. Digitális csatlakozók esetén egyetlen csatlakozót használunk az összes csatorna továbbítására. A digitális jelet erősítőre kell kötnünk. Speciális esetekben használhatunk optikai kimenetet is. Innen egy vékony száloptikai kábel közvetíti a digitális kódolást a lehető legjobb minőségben. Használatához szükség van valamilyen erősítőre, mert multiccsatornát is tartalmazhat. A legjobb digitális csatlakozási mód a koax. A hangjeleket digitális formában továbbítja, függetlenül attól, hogy az sztereó vagy multiccsatornás.

6.6.2 Analóg csatlakozótípusok***RCA***

Szabványos csatlakozó aljzat és dugó, nevét az elsőként előállító *Radio Corporation of America* cégről kapta. Koaxiális kábelekhöz, valamint hangfrekvenciás berendezések összekapcsolására szolgáló árnyékolt vezetékekhez használják.

120. kép *RCA aljzat*121. kép *RCA csatlakozók****JACK***

Szabványos, 3,5 vagy 6,5 mm átmérőjű, mono és sztereó kivitelben készülő aljzat és dugó. A hangkártyákon található csatlakozó aljzat 3,5 mm-es.



122. kép 3,5 és 6,5 mm-es Jack csatlakozók

6.6.3 Digitális csatlakozó típusok

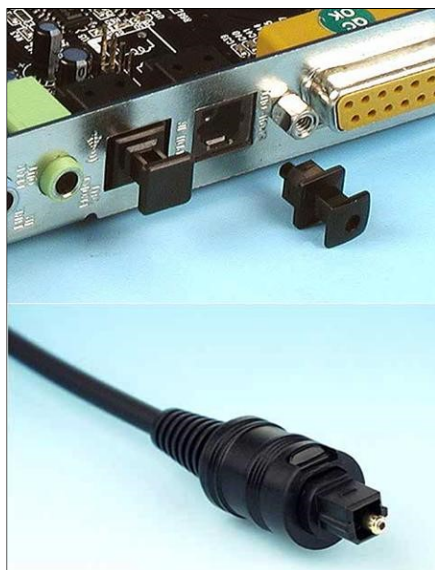
S/PDIF

Az S/PDIF (*Sony/Philips Digital Interface Format*) egy olyan csatoló forma, amely digitalizált hangkivezetésre szolgál informatikai, illetve szórakoztató elektronikai eszközök magas minőségű digitalizált hangok átadásánál.

A jelátvitel lehetséges szabványos, lehetőleg rézalapú és kifejezetten erre a célra gyártott RCA-n keresztül (KOAX), vagy optikai kábelon keresztül úgynevezett TOSLINK⁴⁹ csatlakozó segítségével. Az S/PDIF szabvány eszerint alkalmas a Dolby Digital, vagy DTS surround, többcsatornás hangrendszerek jelátvitelére, ráadásul jelvesztés nélkül. A szabvány az AES3 csatlakozási szabványra épül.

Az S/PDIF használatával nem szükséges több kábelon keresztüli adatvitel, hanem egy szabványos csatolófelületen keresztül lehet szétbontani a digitalizált jeleket.

⁴⁹ A TOSLINK optikai csatlakozón ugyanaz az S/PDIF jel kerül továbbításra, mint a koaxiális változaton, de valamivel gyengébb hangminőséget biztosít. Ennek oka az, hogy mivel mind a DVD-játszó, mind az erősítő belső jelfeldolgozása elektronikus, ezért az optikai jelátvitelhez először egy elektromos-optikai, majd a fogadó oldalon egy fordított átalakításra van szükség. A műveleteket végző lézervedió és fotószenzor karakterisztikája egyenetlen, így időeltolódást (jitter) visz a jelbe, amely hangminőség-romlást eredményez. Éppen ezért az optikai jelátvitel alkalmazása csak akkor jelent előnyt, ha nagy távolságra (több mint 4-5 méter) kell a jelet továbbítani. Ilyenkor ugyanis a koaxiális kábelek már hajlamosak az elektromos zavar „összeszedésére”, ami szintén rontja a hangzást. Éppen ezért itt sem mindegy, hogy milyen minőségű kábelt használunk. Az optikai kábelek különböző típusai általában csak mechanikai kiépítésben térnek el egymástól, de a hangminőségre nincsenek hatással.

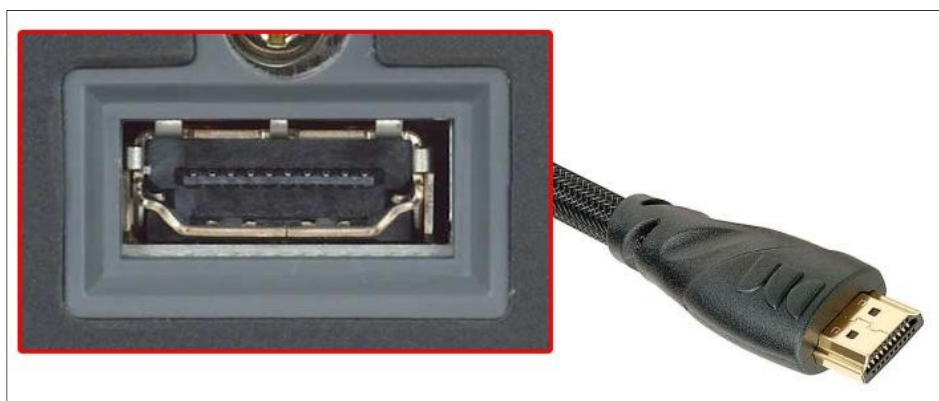


123. kép S/PDIF (TOSLINK) csatlakozó és aljzat

HDMI

A HDMI csatlakozó (*High Definition Multimedia Interface*) olyan multimédiás jelátviteli szabvány, amely kábelkapcsolat segítségével teszi lehetővé gyakorlatilag bármilyen digitális kép-, hang- és vezérlőjel tömörítetlen továbbítását.

A HDMI csatlakozó nagy előnye, hogy úgy teszi lehetővé két berendezés összeköttetését egyetlen kábellel, hogy a felhasználónak nem kell arra figyelnie, melyik a ki- és melyik a bemenet, illetve melyik szolgál a hang és melyik a kép átvitelére. A HDMI csatlakozó alkalmas HDTV kép és nagy felbontású, akár 7.1 csatornás DVD-A vagy SACD digitális hangjel egyidejű továbbítására. A HDMI csatlakozó adatátviteli sebessége 5 gigabit másodpercenként.



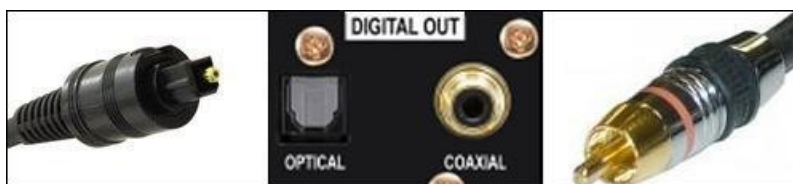
124. kép HDMI aljzat és csatlakozó

6.6.4 Analóg és digitális források illesztése számítógépekhez

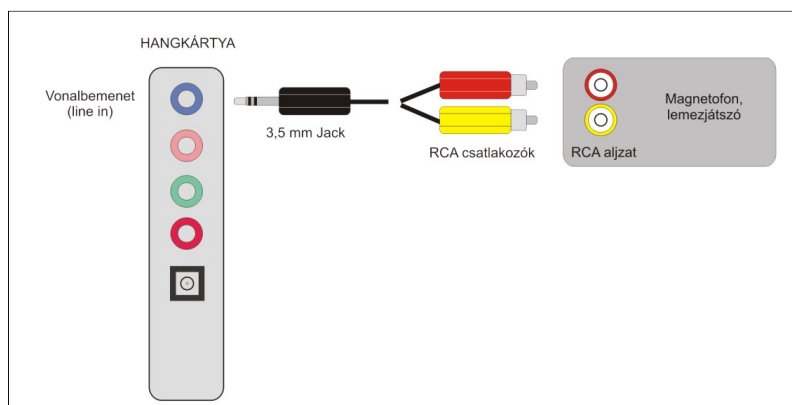
A számítógép hangkártyájához mind analóg, mind digitális jeleket továbbíthatunk bemenő jelként.

Az analóg forrásokat (lemezjátszó, magnó) a LINE IN csatlakozón keresztül vagy 3,5 jack vagy RCA csatlakozókon keresztül tehetjük meg.

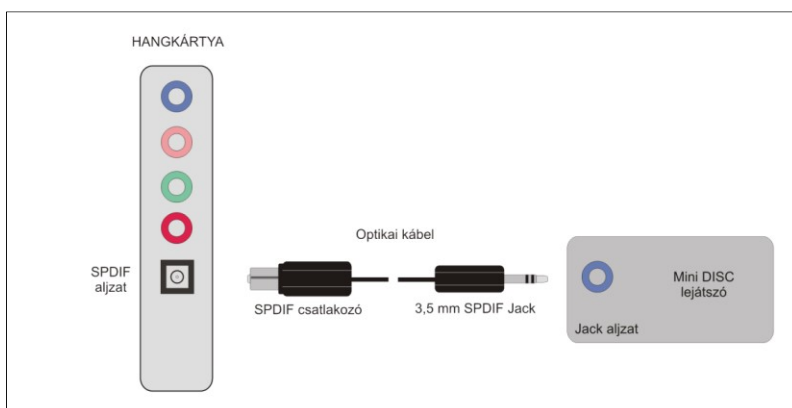
A digitális jelek fogadását például MiniDisc-ről, vagy egyéb digitális forrásból pedig S/PDIF csatlakozón (*TOSLINK* vagy *koaxiális*) csatlakozón keresztül tehetjük meg.



125. kép S/PDIF csatlakozók



126. kép Analóg eszköz illesztése hangkártyához



127. kép Digitális eszköz illesztése hangkártyához

6.7 HANGDIGITALIZÁLÁS ÉS HANGSZERKESZTÉS A GYAKORLATBAN

6.7.1 A hangdigitalizálás szoftverei

Sound Forge

A Sony cég által fejlesztett Sound Forge program egy kiválóan használható, digitális hangszerkesztő és digitalizáló program, amelyet fél- és professzionális célokra használhatunk. A programmal digitalizálhatunk többféle minőségben, a felvételeket pedig utólag szerkeszthetjük. A Sound Forge képes egyszerre több zenei hangmintát összekeverni, kijavítani, effektelni, sőt régebbi, gyengébb minőségű felvételekről a zajokat eltüntetni. Képes több csatornás felvételek készítésére akár 64 bites mintavételezésre akár 192,000 Hz-es mintavételi frekvencia mellett.

A fájlokat különböző formátumokban többféle paraméterezéssel menthetjük el.

Adobe Audition

Az Adobe Audition professzionális hangszerkesztő program. Kifejezetten audio- és video szakemberek számára fejlesztették ki. A program segítségével akár 128 csatornát kombinálhatunk, szerkeszthetünk, egyedi hangfájlokat készíthetünk, több mint 45 DSP (digital signal processing = digitális jelfeldolgozás) effektus, szűrő és audio retusáló eszköz segíti munkánkat. Az Adobe Audition alkalmas zene, rádióműsor, mix vagy bármely más hanganyag előállítására.

Felvételnél, szerkesztésnél, mixelésnél kiváló minőség érhető el a 32 bites fájlokkal. Mintavételezés akár 100 MHz felett is lehetséges, de beépítésre kerültek a leggyakoribb mintavételezések is (44.1 kHz, 88.2 kHz, 96 kHz, 192 kHz). Könnyedén készíthetjük hanganyagainkat a 24 bit/96 kHz DVD-kész formátumra is.

6.8 HANGSZERKESZTÉSI GYAKORLATOK

6.8.1 Hangdigitalizálás a Sound Forge programmal

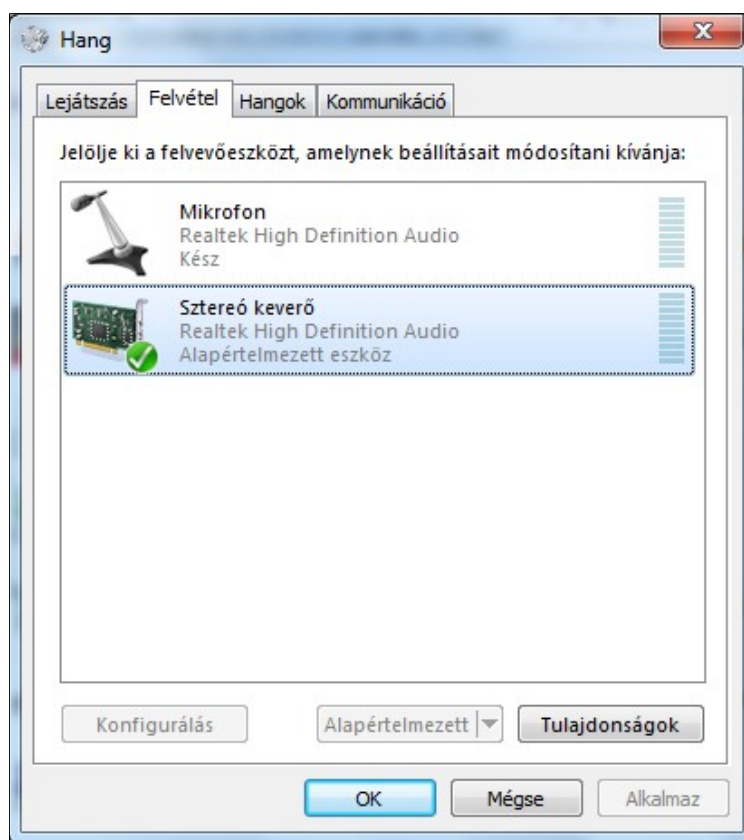
A digitalizálás paramétereinek helyes beállításához tisztában kell lennünk operációs rendszerünk néhány paraméterével is. Példánkban a Win7 operációs rendszer beállításait vizsgáljuk, de a műveletek sorrendje a korábbi Windows operációs rendszerek esetében is igaz lesz.

Amikor a számítógéppel lejátsszuk a hangot, többféleképpen, de egyszerűen tudjuk változtatni a rendszer hangerejét. Ezt nevezzük kimeneti jelszintnek. Ez nem azonos azzal a jelszinttel, ami felvételkor kerül a hangkártyán keresztül a rendszerbe, azaz nemcsak lejátszási (kimeneti) jelszint létezik, hanem bemeneti jelszint, vagy hangerő is. Ez a legtöbb esetben szoftveresen állítható be. Ennek beállítása azért fontos, mert nagyban befolyásolja majd a digitalizált hang minőségét. Ha túl nagy a bejövő jelszint (túlvezérelt), akkor torz, zajos felvételt kapunk, mivel a jelek túlvezérlése nyomán a 0 dB-nél nagyobb amplitúdó csúcsokat a gép automatikusan levágja a digitalizálás során. Ha a bejövő jelszint alacsony, halk és kis dinamikájú felvétel lesz az eredmény.

A másik beállítandó dolog a felvételi eszköz, amelyen keresztül a jelek beérkeznek a számítógépbe. Röviden ezeket a beállításokat tekintjük át.

Felvételi eszköz beállítása

Nyissuk meg a *Vezérlőpultot* és indítsuk el a hangbeállításokat (*Hang* ikon). Az ablakban kattintsunk, a *Felvétel* fülre, ahol kiválaszthatjuk a megfelelő bemeneti hangeszközt a felvételhez. Példánkban a *Sztereo keverő*-t válasszuk ki, majd a jobb gombra kattintva állítsuk be alapértelmezett bemeneti eszköznek.



128. kép A felvevőeszköz kiválasztása

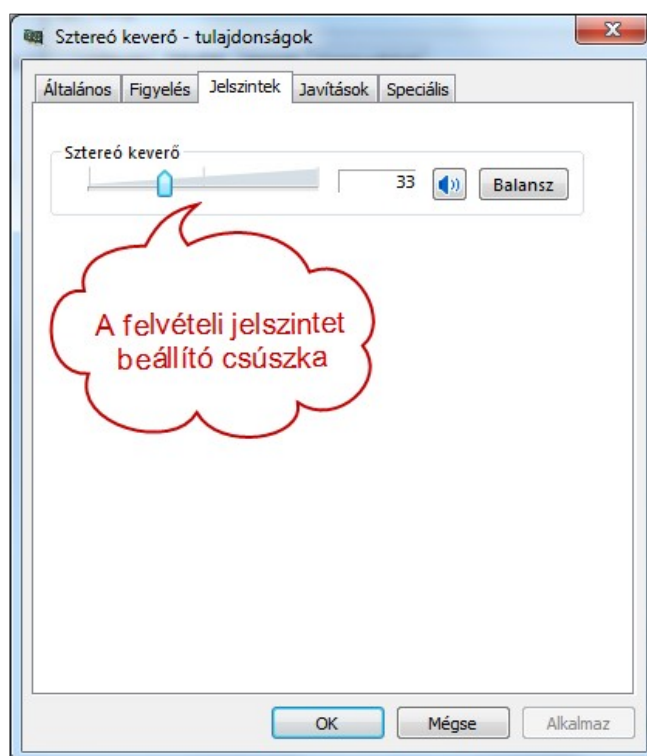
Ezután a tulajdonságok fülre kattintva beállíthatjuk a megfelelő paramétereket. Nekünk elsősorban a jelszint beállítását kell elvégeznünk (*Jelszint* fül).

Felvételi jelszint beállítása

Annak érdekében, hogy jó minőségű felvételt tudjunk készíteni, be kell kalibrálnunk a felvételi jelszintet.

Első lépésként indítsuk el a Sound Forge programot, majd kattintsunk a felvétel (*REC*) gombra. Az itt felugró ablakban be tudjuk állítani a felvétel paramétereit (minta mérete és mintavételezési frekvencia), majd utána ellenőrizzük le a bejövő jelszintet a *Peak meter* műszeren. Ehhez érdemes elindítani a felvenni kívánt hangot, és figyelni a műszert. A felvétel akkor lesz jó, ha a maximális kivezérlés 0 dB körül van. Ha ettől nagyobb (folyamatosan világít a CLIP felirat), akkor torz felvételt fogunk kapni, ha kisebb, akkor halkabb és gyengébb dinamikájú lesz a felvétel.

A megfelelő jelszintet a *Sztereo keverő* ablakban, a csúszka tologatásával tudjuk beállítani.



129. kép A bemeneti jelszint beállítása

Felvétel készítése

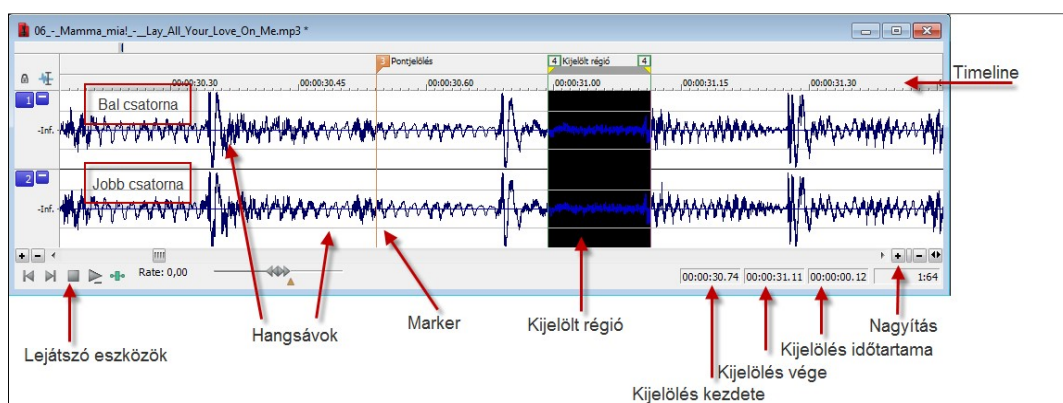
A megfelelő beállítások után a Sound Forge *Record* ablakában, a felvétel gombra kattintva készíthetjük el a felvételt. Ezután az ablak bezárását követően szerkeszthető a rögzített hanganyag.

A Sound Forge kezelőfelülete

A szerkesztés megkezdése előtt ismerkedjünk meg a kezelőfelülettel. A Sound Forge-val rögzített fájlok egy szerkesztőablakban jelennek meg, sztereo felvétel esetén a felsőn a

bal, az alsón a jobb csatorna hangsávjait látjuk. Felül látható a *Timeline*, amelyen ezredmásodperces pontossággal jelöli az időt. A bal alsó sarokban találjuk a lejátszó eszközöket. A jobb alsó sarokban lévő plusz illetve mínusz gombbal nagyíthatunk a felvételbe. A szerkesztés előfeltétele, hogy meg tudjuk jelölni a szerkesztés kezdő és végpontjait, illetve régiókat tudunk kijelölni. A kurzort egy adott pontra állítva, majd a *Timeline*-on egy jobb egér gombot nyomva tudunk a felvétel adott pontjára egy úgynevezett markert elhelyezni. A marker egy adott szerkesztési pont megjelölésére szolgál.

Ha egy meghatározott időintervallumot szeretnénk kijelölni, akkor először jelöljük ki a hangsávok megfelelő részét, és ezután kattintsunk a *Timeline*-ra. Ebben az esetben egy régiót hozhatunk létre, amely egy kettős kattintással bármikor újra kijelölhető.



130. kép Szerkesztőablak

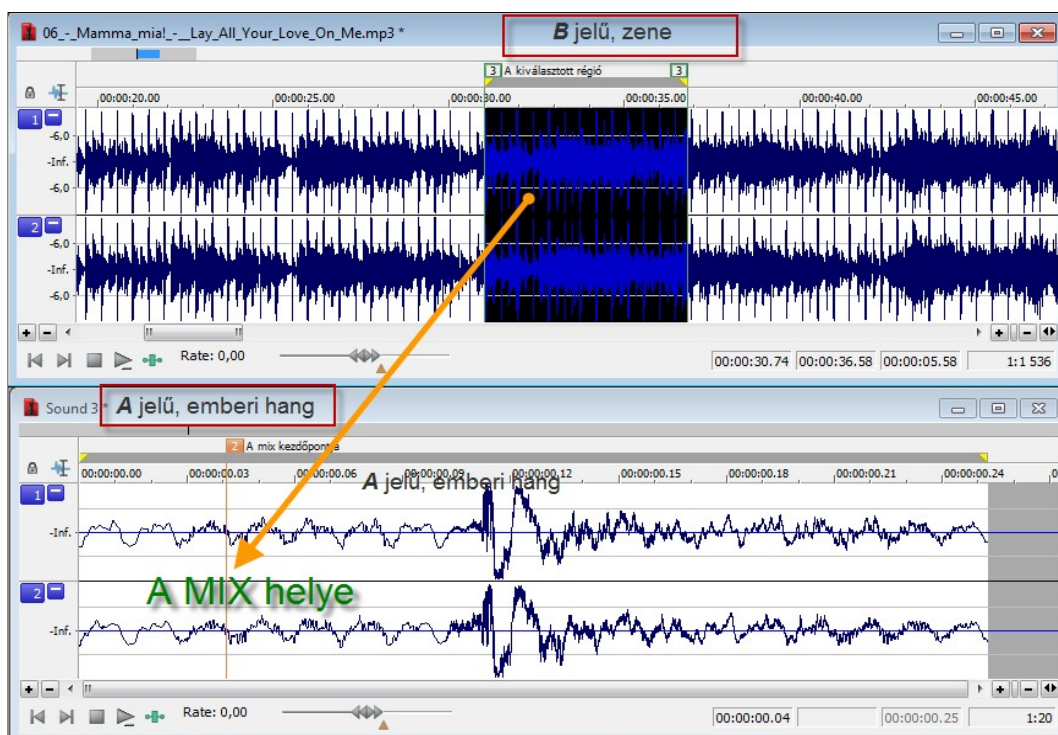
Hangvágás, mixelés

A két legalapvetőbb szerkesztési lehetőség a vágás és a mixek készítése. A hangvágás gyakorlatilag a hangból kijelölt részek kivágása és egy másik fájlba való illesztése.

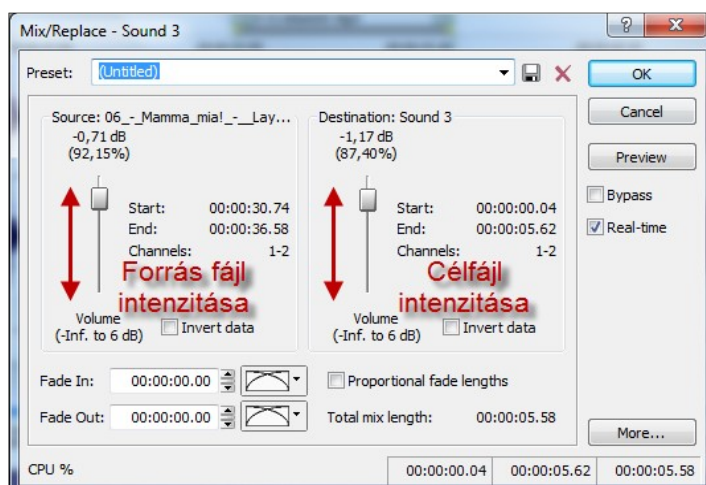
A vágást minden esetben a pontos kijelöléssel kezdjük (tetszés szerint régiót is készíthetünk), majd a kijelölt részt a vágólapra helyezzük (*Ctrl+C*). Ezután a *File New* menüpontban nyissunk egy új ablakot, ahová beilleszthetjük (*CTRL + V*) az új mintát. Fontos, hogy az új fájl azonos paraméterekkel rendelkezzen, mint az eredeti, mert ellenkező esetben megváltozik a felvétel sebessége. A vágást használhatjuk egy fájlban is, ilyenkor a kivágott részt a vágólapról szintén be tudjuk illeszteni a megfelelő helyre. Törléskor, a kijelölés után egy *Delete* gombot nyomjunk.

A mixelés két hang egymásra úsztatását jelenti olyan módon, hogy mindkettő hallható marad. Gyakran használható lehetőség ez rádióműsorok készítésekor. Természetesen az egyik hang, például az aláfestő zene halkabban szól, mint az emberi beszéd.

A mix készítését a következő példán mutatjuk be. Két hangfájlt nyitunk meg, az egyik csak emberi beszéd (**A felvétel**), a másikon zene (**B felvétel**) hallható. A zene egy részletét szeretnénk az emberi beszédre rámixelni.

131. kép *A mixelés folyamata*

Az *A* felvételen megjelöljük a mix kezdőpontját egy markerrel. A *B* felvételen kijelöljük a mixelni kívánt részt egy régió kijelöléssel. A kiválasztott régiót ezután az egér kurzorával egyszerűen áthúzzuk az *A* felvétel markeréhez. Az egér elengedése után a következő ablak jelenik meg.

132. kép *Cél és forrásfájl intenzitásának beállítása*

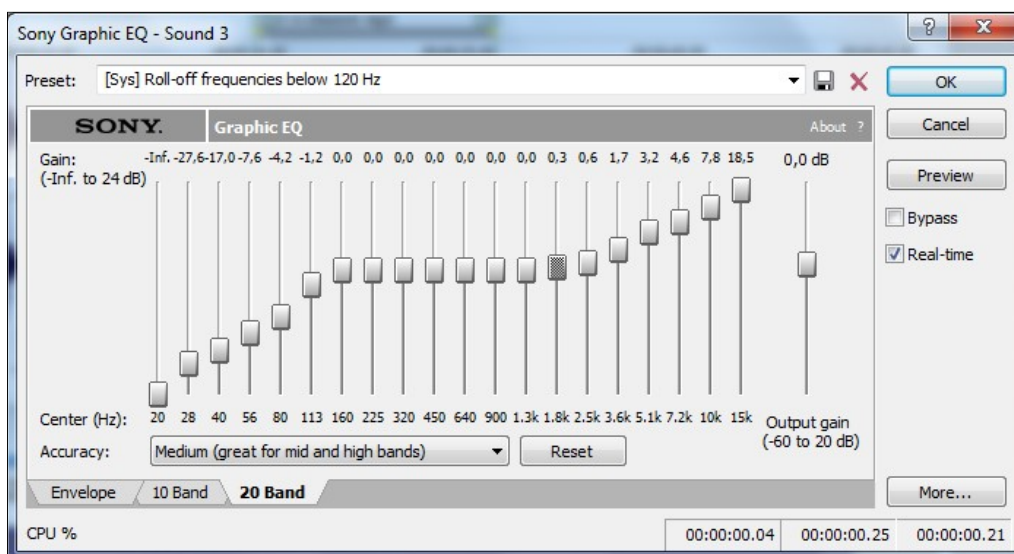
A Mix ablakban a megfelelő csúszkán be tudjuk állítani, hogy melyik hang szóljon intenzívebben. A *source* csúszkán az eredeti *B* jelű fájl hangintenzitását tudjuk növelni, míg a *Destination* csúszkán az *A* felvételt. A megfelelő hatás eléréséig használhatjuk a *Preview* gombot, hogy belehallgassunk a felvételbe.

6.8.2 Hangszerkesztés, hangmódosítás

A digitalizált hangok nagyon gyakran utólagos javításra, módosításra szorulnak a jobb minőség érdekében. A *Sound Forge* számos lehetőséget nyújt a változtatások elvégzésére. Ezek közül emelnénk ki néhány jól használható és hasznos lehetőséget, amelyek a *Process* menü parancsai között találhatók.

Hangzárkép megváltoztatása

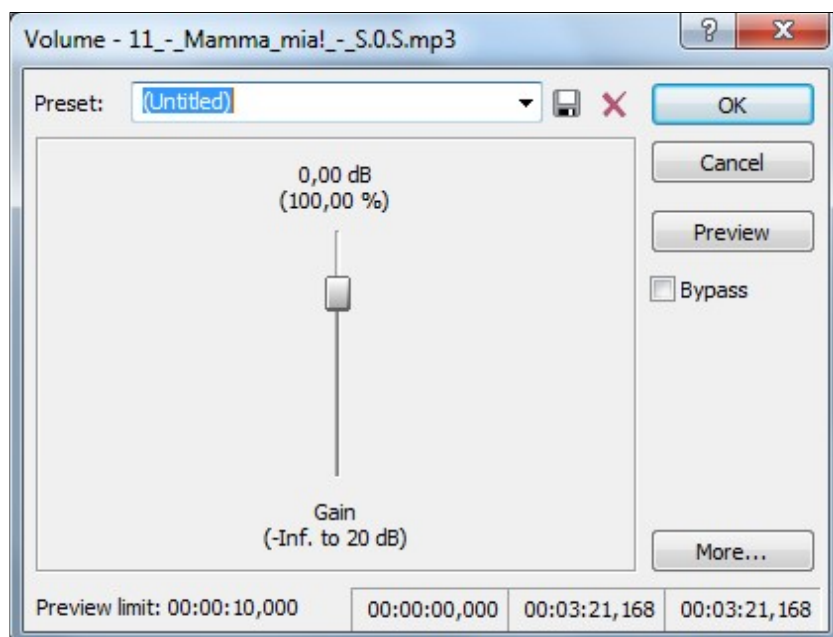
A hangzárképet legegyszerűbben az *equalizer* eszközzel változtathatjuk meg. A beállítás során az egyes frekvenciák erősségi szintjeit tudjuk beállítani a jelen belül. Eszerint az eszköz erősíti vagy gyengíti a kiválasztott a jel energiáját az egyes frekvencia tartományokban. A profi technikában 20-30 hullámsávós equalizerek léteznek, amelyek segítségével könnyen beállíthatók a hangszínek és a különböző terek hangzárképei. A *Sound Forge* programban, a *Process* menü *EQ* parancsában találjuk a beállításokat.



133. kép Grafikus equalizer

Hangerősítés

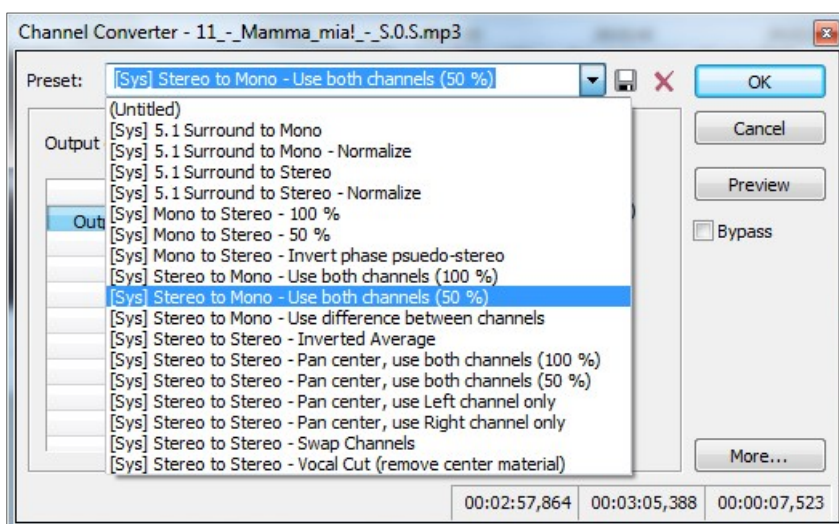
Ha a felvételünk jelszintje alacsony vagy halk, akkor a *Volume* parancs segítségével növelhetjük a hangerőt. Ügyeljünk arra is, hogy ilyenkor a zaj nagyságát is növeljük a felvételen, ezért szükség lehet a hangzárkép beállítására is.



134. kép Hangerő módosítása

Csatornakonvertálás

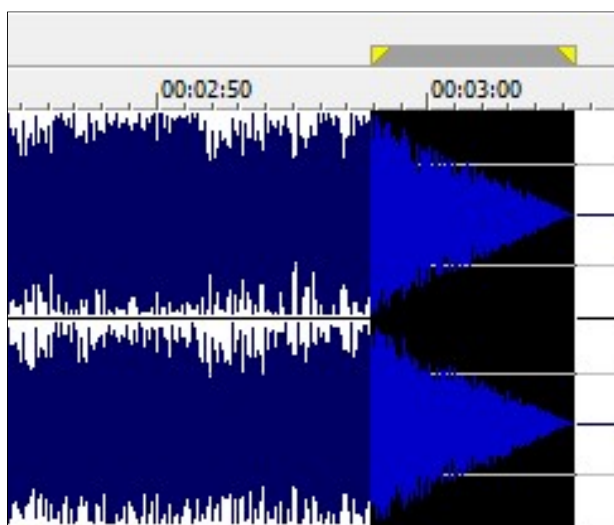
Gyakran lehet szükség arra, hogy megváltoztassuk a csatornák számát, például, hogy a sztereo felvételt monoba alakítsuk át. Erre alkalmas a *Channel converter* parancs, amely többféle lehetőséget kínál, akár kevesebb akár több csatornára van szükségünk.



135. kép Csatornakonvertálás

Le- és felúsztatás

A le- és felúsztatást a *Fade* paranccsal hajthatjuk végre. Használni inkább felvételek végén szoktuk, amikor szeretnénk, hogy ne érjen véget hirtelen a hang, hanem fokozatosan halkuljon el. A használatához ki kell választanunk a hangfájl egy részét, és aktiválni kell a *Fade Out* parancsot, amelynek hatására a felvétel fokozatosan lehalkul. A *Fade In* segítségével egy halkból induló felvétel fog felhangosodni.



136. kép *Fade Out* grafikus képe

6.9 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Értelmezze a hang fogalmát!
2. Mutassa be a hangdigitalizálás lépéseit!
3. Hasonlítsa össze a digitális és analóg hang tulajdonságait!
4. Milyen bemenetek és kimenetek találhatók a hangkártyán?
5. Milyen hangszerkesztési lehetőségeket ismer a Sound Forge programban?

6.10 AJÁNLOTT IRODALOM

Adobe audition 2.0 : classroom in a book. Adobe Creative Team. Berkeley, CA., Adobe Press, 2006
Middleton, Chris: *Kreatív digitális zene és hang.* Budapest, Scolar Kiadó, 2006